

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 307 432

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 76 09951

(54) Appareillage de chauffage par induction à deux températures de réglage.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). H 05 B 5/08, 1/02.

(22) Date de dépôt 6 avril 1976, à 15 h 31 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 7 avril 1975, n. 566.003 au nom de Eugene Mittelman.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 45 du 5-11-1976.

(71) Déposant : Société dite : ILLINOIS TOOL WORKS INC., résidant aux Etats-Unis d'Amérique.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Simonnot, Rinuy, Santarelli.

On a fait récemment de nombreuses tentatives pour mettre au point une nouvelle technique de fixation de divers éléments mécaniques à des supports, en utilisant des colles au lieu de dispositifs mécaniques de fixation. Deux catégories

5 générales de colle ont été utilisées dans cette technique, à savoir des colles de contact et des colles activées à chaud. Pour les colles activées à chaud, l'utilisation du chauffage par induction comme source d'énergie pour activer la colle

10 était un choix logique quand au moins un des éléments à coller était une matière ferromagnétique. Le principal avantage du chauffage par induction sur d'autres procédés de chauffage plus courants est la possibilité d'élever fortement la température de surfaces métalliques en relativement peu de temps.

15 Du fait que la chaleur est produite dans la pièce à chauffer, sans transfert d'une source de chaleur à cette pièce, ce procédé n'implique pas le retard qui en caractérise d'autres. Etant donné les courtes durées de chauffage qui interviennent, il est indispensable de mettre au point des procédés qui permettent un réglage exact de la température finale, soit pour

20 arrêter l'opération de chauffage à l'instant où la température finale est atteinte, soit pour pouvoir maintenir la température finale choisie à un niveau constant pendant un intervalle de temps choisi arbitrairement.

A ce point de vue, un problème particulier se pose

25 dans le cas où le matériau ferromagnétique auquel les pièces doivent être fixées est recouvert d'une couche non conductrice et non ferromagnétique, par exemple une couche de peinture ou d'un autre enduit. Tous ces enduits sont caractérisés par une limite supérieure de température qui ne peut être dépassée

30 sans les endommager sérieusement. Il est, en même temps, avantageux de maintenir la température de l'enduit à un niveau suffisant pour activer la colle pendant un certain temps afin de réaliser un collage satisfaisant. Cependant, seule la température superficielle de l'enduit, et non celle à l'interface

35 ce entre cet enduit et la feuille de matière ferromagnétique est accessible pour les mesures et le réglage. Les procédés

utilisés antérieurement pour régler la température d'une surface comportaient ce qu'on appelle en général, dans la technique de la régulation, un "procédé de réglage proportionnel", c'est-à-dire une réduction de la puissance appliquée au générateur de chauffage par induction en fonction de la vitesse d'échauffement, ou l'utilisation d'un procédé à deux paliers, en particulier en liaison avec des générateurs à tubes à vide de grande puissance, l'utilisation d'amplificateurs magnétiques ou de techniques similaires pour mettre hors circuit l'ensemble redresseur haute tension alimentant le tube oscil- lateur. On a aussi mis au point plusieurs procédés industriels dans lesquels des générateurs à semi-conducteurs sont utilisés et le réglage est réalisé en agissant sur la puissance appliquée à la pièce traitée, en utilisant la modulation d'impul- sions en durée ou des procédés similaires. Dans un exemple de procédé de la technique antérieure, le réglage est réalisé en modifiant la fréquence de récurrence d'impulsions d'énergie constante.

Les problèmes majeurs associés aux procédés connus sont la difficulté d'éliminer les dépassements des valeurs choisies des températures, ou la complication des circuits nécessaires pour atteindre ce but. Dans l'un ou l'autre cas, il est manifestement nécessaire de réaliser les réglages de la commande par des procédés empiriques relativement compliqués.

Selon une caractéristique de l'invention, un noyau d'inductance en forme de U constitue un ensemble avec un capteur à fibres optiques et cet ensemble à noyau est associé à un convertisseur de courant du type parallèle ou série.

La présente invention concerne aussi un procédé de chauffage par induction d'une pièce à traiter en matériau ferromagnétique qui est recouverte d'une peinture ou d'une autre matière isolante, sans dépasser une température critique par rapport à la détérioration de la couche de peinture. Ce chauffage est réalisé en considérant les différentes vitesses de chauffage en fonction de la couche de peinture et du matériau ferromagnétique, en surveillant la température superficielle

de la couche de peinture, en coupant le courant pour supprimer l'alimentation en énergie de l'ensemble quand la température mesurée de la couche est inférieure à la température désirée ainsi qu'à une température qui représente celle de l'interface portée à une température inférieure à la température maximale. La première température prédéterminée est maintenue constante pendant un intervalle de temps déterminé, après quoi de l'énergie est fournie à nouveau pour élever encore la température de la peinture et du matériau ferromagnétique de manière à créer une différence de température très petite entre les deux, afin de supprimer toute possibilité de dépassement.

Les circuits pour mettre en oeuvre ce procédé de chauffage comprennent en principe un détecteur d'infrarouge, un comparateur à amplificateur opérationnel qui reçoit la grandeur de sortie du détecteur d'infrarouge, ainsi que le signal de sortie d'une source de référence ajustable, qui est étalonnée en fonction de la température. Cette source de référence ajustable est essentiellement un circuit diviseur de tension alimenté par une source à courant constant, commandée par un ensemble de minutage préréglé. Le fonctionnement de cet ensemble de minutage associé à la source de référence consiste à couper le courant à une température prédéterminée pendant un intervalle de temps donné après lequel la tension appliquée au comparateur par la source de référence change et est alors directement en rapport avec une température un peu plus élevée qui est la température désirée. Un tel circuit rend ainsi possible une période d'arrêt momentanée, ce qui permet de chauffer ensuite la couche superficielle à la température choisie, de manière à réduire considérablement la différence de température entre la couche de peinture et le matériau ferromagnétique.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs, et sur lesquels :

la figure 1 est une vue partielle en perspective du

noyau comportant un capteur à fibres optiques, placé de manière à chauffer une pièce à traiter revêtue d'un matériau isolant ;

la figure 2 est une coupe fortement agrandie d'une
5 pièce revêtue d'une peinture ;

la figure 3 est un circuit simplifié représentant le circuit équivalent électrique ayant des caractéristiques semblables aux caractéristiques de chauffage d'une partie de la pièce ;

10 la figure 4 est une coupe représentant la variation en fonction du temps de la tension aux bornes de ce circuit équivalent ;

la figure 5 représente graphiquement la relation temps/température pendant le chauffage par le procédé selon
15 l'invention ;

la figure 6 représente sous forme synoptique l'ensemble de chauffage à deux températures selon l'invention ;

la figure 7 est un schéma détaillé des circuits d'une forme de réalisation préférée du dispositif de réglage à
20 deux températures selon l'invention ; et

la figure 8 est un schéma détaillé des circuits d'une forme de réalisation différente de la partie à température de référence ajustable de l'appareil selon l'invention.

La figure 1 représente une forme de réalisation
25 préférée de l'ensemble 10 à noyau chauffant qui comprend un noyau 12 en forme de U entouré d'un enroulement 14 d'excitation et qui y induit un courant. Cet enroulement 14 peut, par exemple, être connecté directement à l'enroulement secondaire d'un convertisseur parallèle, par exemple un convertisseur du
30 type Mac Murray. Un exemple d'un tel ensemble d'un noyau et d'un bloc d'alimentation convenant pour les applications de la présente invention figure dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 816 690. On voit qu'un élément 16 à fibres optiques traversant le pont formé par le noyau est intégré
35 dans l'ensemble 10, et maintenu en place par un support 18 si bien que l'extrémité réceptrice de l'élément à fibres optiques

est tournée vers la pièce 20 à chauffer et placée entre les branches du noyau pour réaliser des mesures de température correctes et valables pendant le chauffage de la pièce 20. Tout l'ensemble décrit peut par conséquent être enrobé de manière connue.

La pièce 20 à chauffer comprend une feuille d'un matériau ferromagnétique 24 recouvert d'une couche 22 de peinture ou une autre matière isolante non ferromagnétique. La présente invention concerne principalement ce cas particulier.

10 La fixation d'un dispositif quelconque à la pièce 20, et plus spécialement à la surface de la couche 22 par une couche de liaison d'une colle activable à chaud doit être réalisée compte tenu de certaines difficultés. Tous les revêtements tels que la couche 22 sont caractérisés par une température limite supérieure qui ne peut être dépassée sans endommager gravement

15 cette couche. Toutes les colles activables à chaud sont caractérisées par une certaine température minimale qui doit être atteinte pour réaliser la liaison.

Dans l'exemple décrit, la chaleur nécessaire à l'activation de la colle est obtenue par contact avec la colle sur la surface supérieure de la couche 22. Par conséquent, cette surface de la couche 22 doit être chauffée à une certaine température minimale. Il est évident que la température à laquelle la couche 22 est soumise doit pouvoir être réglée dans d'é-

25 troites limites.

Dans l'exemple décrit, pour atteindre la température d'activation nécessaire, la feuille 24 est chauffée par induction en utilisant un ensemble à noyau tel que 10. La feuille 24 (figure 2) est en général suffisamment mince pour justifier l'hypothèse que la température de la surface inférieure S_1 et celle de l'interface S_2 sont égales et représentées par la température T_1 quand on lui cède de l'énergie provenant d'une source de chauffage par induction. Lorsque de la chaleur est produite dans la feuille 24, cette chaleur est transmise par

30 conduction à travers la couche 22 à la couche de colle activable à chaud. Etant donné que la couche 22 a un coefficient

35

de transmission de la chaleur déterminé, la température T_1 sur l'interface S_2 est plus élevée que celle T_2 de la surface supérieure de la peinture.

Un capteur de température tel celui comportant un élément 16 à fibres optiques ne peut accéder qu'à la surface extérieure S_3 de la peinture. Lorsqu'il est essentiel de ne pas dépasser une certaine température pour ne pas endommager la peinture, il est évident qu'une régulation de cette température limite en mesurant la température de la surface extérieure de la peinture est insuffisante, étant donné que la température T_1 de l'interface peut être beaucoup plus élevée. A titre d'exemple, la température d'activation d'une colle peut être de 142°C et celle de détérioration de la peinture de 150°C. Une régulation de la température de la surface extérieure de la peinture réglée de façon à ne pas dépasser 150°C serait inefficace, étant donné que la température T_1 réelle de l'interface dépasserait probablement de beaucoup 150°C. Des mesures effectives du coefficient de transmission de la chaleur de certaines peintures thermoplastiques indiquent que l'écart de température entre l'interface métal/peinture et la surface extérieure de la peinture peut atteindre environ 8 à 11°C.

Les problèmes de mesure de la température exposés ci-dessus peuvent être représentés par le circuit électrique équivalent de la figure 3 qui représente la charge d'un condensateur C par une résistance R à partir d'une source à tension constante E_1 . Si la charge initiale du condensateur C correspond à une tension E_0 , la loi de variation de la tension E aux bornes de ce condensateur est donnée par l'équation (1) classique, la figure 4 représentant sa courbe caractéristique.

$$E = E_1 (1 - e^{-t/RC}) + E_0 e^{-t/RC} \quad (1)$$

En utilisant cette équation et en remplaçant les tensions par les températures, on a :

$$T = T_1 (1 - e^{-t/RC}) + T_0 e^{-t/RC} \quad (1A)$$

L'équation (1A) décrit avec précision les conditions de la transmission, RC désignant cette fois la constante de temps thermique de la couche isolante, non ferromagnétique, 22. Toutefois, l'équation (1A) ne s'applique pas au cas
5 réel de chauffage décrit ci-dessus, étant donné que la température à l'interface T_1 elle-même augmente avec le temps quand de l'énergie est absorbée continûment à un taux constant. On peut cependant admettre que cette augmentation est une fonction linéaire du temps. Par conséquent, T_1 augmente linéaire-
10 ment avec le temps à partir d'une valeur initiale T_0 . Si un équilibre thermique existe au début de l'opération de chauffage, la température T_2 de la surface du revêtement 22 augmentera à partir de la même valeur initiale, mais de manière non linéaire, étant donné la valeur finie de la constante de
15 temps RC. Evidemment, T_1 augmentera plus rapidement que T_2 et c'est cette variation de T_2 qui est à l'origine des problèmes à résoudre par l'invention.

On peut montrer que l'écart ΔT de température existant à un instant t exprimé en secondes, est représenté par
20 l'équation ci-après :

$$\Delta T = \alpha RC (e^{-t/RC} - 1) \quad (2)$$

RC désignant à nouveau la constante de temps thermique de la couche 22 et α la vitesse d'élévation de la température en degrés par seconde pour une valeur constante donnée de la
25 puissance absorbée à l'interface. Fait important, l'équation (2) ne contient pas le terme T fonction de la température initiale T_0 , ce qui signifie que l'écart de température entre la surface S_2 (interface) et la surface extérieure S_3 du revêtement est, à un instant donné, indépendant de la valeur de la
30 température initiale. C'est cette relation qui conduit à l'introduction du réglage à deux températures selon la présente invention.

La description du procédé de réglage à deux niveaux de la température, selon l'invention, sera mieux comprise en
35 se référant à la figure 5. A l'instant t_0 la température T_1 de

l'interface et la température T_2 de la surface extérieure S_3 de la couche de peinture sont quasiment égales et désignées par T_0 . Lorsque de la chaleur est cédée par chauffage par induction à la feuille métallique 24, les deux températures T_1 et T_2 augmenteront en fonction du temps de la manière représentée sur cette figure 5. L'atteinte du niveau de température $T_{2(1)}$ prédéterminé de la couche de peinture 22 est détectée par un appareil tel qu'un détecteur sensible à l'infrarouge, comportant un élément 16 à fibres optiques. Cette température $T_{2(1)}$ prédéterminée doit être inférieure à la température finale $T_{2(2)}$ désirée qui est la température d'activation de la colle et est déterminée en utilisant l'équation (2) et en tenant compte de $T_{1(max)}$, qui est la température à ne pas dépasser à l'interface, et de l'inévitable écart de température ΔT . Quand la température $T_{2(1)}$ est atteinte, $T_{1(1)}$ est supérieure à T_2 , mais inférieure à $T_{1(max)}$, et un ensemble de commande maintient cette température $T_{2(1)}$ à peu près constante pendant un intervalle de temps prédéterminé, par exemple $(t_2 - t_1)$, pour permettre l'égalisation de la température T_1 de l'interface et de la température T_2 . Une fois l'égalisation de T_2 et T_1 réalisée, l'énergie est appliquée à nouveau à la même cadence et on continue jusqu'à ce que la température T_2 de la surface ait atteint le niveau final $T_{2(2)}$ choisi et T_2 est ensuite surveillée automatiquement pendant un second intervalle de temps additionnel prédéterminé, tel que $(t_4 - t_3)$. Pendant l'intervalle de temps $(t_2 - t_1)$, le courant peut être alternativement coupé et rétabli, alors que la température T_1 de l'interface diminue à la suite du refroidissement par rayonnement et conduction en direction de l'environnement, y compris la couche non métallique 22. Pendant cet intervalle de temps, alors que le courant est en principe coupé, la chaleur arrivant en provenance de l'interface S_2 à température plus élevée compense l'abaissement de la température T_2 de la surface 22, dû au refroidissement de celle-ci.

Les températures de la surface et de l'interface s'égalisent à l'instant t_2 et l'énergie est cédée à nouveau,

ce qui permet à la température T_1 de l'interface d'augmenter linéairement, avec la même dérivée en fonction du temps que pendant l'intervalle de temps $(t_1 - t_0)$.

Cependant, le réglage du détecteur automatique de la température a été modifié pendant l'intervalle de temps $(t_3 - t_2)$ pour permettre à la température de la surface d'augmenter jusqu'à son niveau final choisi $T_{2(2)}$. Il importe de noter que, à la fin t_4 de l'intervalle de temps considéré, $\Delta T(2)$ est beaucoup plus petit que $\Delta T(1)$ existant antérieurement à l'instant $T_{2(1)}$, facilitant ainsi un réglage sans à-coups, ni dépassement.

La figure 6 représente un schéma synoptique de l'appareillage utilisé pour mettre en oeuvre le procédé de réglage à deux niveaux décrit ci-dessus. L'ensemble peut être alimenté entièrement en courant du secteur à 50 Hz ou 60 Hz. Un redresseur 79 à deux alternances alimente en courant continu le convertisseur 90, par l'intermédiaire d'un redresseur commandé au silicium, ou RCS, 86 et d'un circuit 88 de filtrage. Le convertisseur 90 peut être du type parallèle dont la gâchette est commandée par un oscillateur à 10 kHz à déclenchement 91. Un inducteur bobiné 12 en fer à cheval est couplé au convertisseur, et placé directement contre la pièce 20. La température de la surface de la pièce 20 est surveillée par un élément 16 à fibres optiques. Le rayonnement infrarouge recueilli par l'élément 16 est transmis à un détecteur 92 sensible à l'infrarouge qui peut comporter un dispositif photosensible réagissant au rayonnement infrarouge, un amplificateur à découper fonctionnant à une fréquence de 400 Hz, ou voisine, et un convertisseur de courant alternatif en continu auquel est ajouté un amplificateur de linéarisation pour faire varier le signal de sortie du détecteur d'infrarouge proportionnellement à la température repérée par l'élément 16. On peut ajouter des convertisseurs analogiques/numériques pour alimenter un dispositif de lecture numérique 104 destiné à surveiller la température. Les signaux de sortie analogiques du détecteur 92 d'infrarouge sont transmis à une entrée d'un circuit compara-

teur 94, qui est en général un amplificateur opérationnel classique ou un comparateur de tensions, très sensible, existant dans le commerce. L'autre entrée de ce comparateur est connectée à la sortie d'une source 96, réglable, de température de référence qui est étalonnée en degrés de la température contrôlée par l'élément 16 à fibres optiques. Comme on l'a expliqué ci-dessus, il est souhaitable de régler la tension de référence sur deux niveaux différents. La première valeur de la température, par exemple $T_{2(1)}$, est choisie un peu au-dessous de la température finale désirée $T_{2(2)}$ de la surface. Pour réaliser ce fonctionnement à deux niveaux, la source de référence est réglable dans deux plages de tensions de sortie de manière que, dans la première plage, la tension réglable pour une position donnée d'un curseur de potentiomètre soit toujours une fraction prédéterminée, correspondant à la valeur la plus basse de la température $T_{2(1)}$, la même position du curseur correspondant aussi à une température plus élevée, égale à la température finale désirée $T_{2(2)}$. Un commutateur 98 permet de passer d'une tension de référence à l'autre, grâce à une impulsion émise par la borne de sortie du comparateur 94, quand la première valeur de la température est atteinte. Quand le détecteur d'infrarouge capte la première valeur de la température, l'impulsion de sortie du comparateur 94 actionne le commutateur 98 et une impulsion semblable est appliquée à un circuit 100 de minutage, grâce auquel la température peut rester au premier niveau, par exemple $T_{2(1)}$, pendant un intervalle de temps tel que $(t_2 - t_1)$, choisi par ajustement du circuit 100. Une fois que le commutateur est positionné de façon que la tension de sortie de la source 96 de température de référence corresponde à une température finale plus élevée, le comparateur émet à nouveau une impulsion une fois cette température finale atteinte. Pendant les périodes choisies d'arrêt momentané, telles que $(t_2 - t_1)$ et $(t_4 - t_3)$, la température de la pièce à traiter est maintenue constante par une régulation par tout ou rien de l'énergie alimentant le convertisseur 90, en appliquant un signal approprié au redres-

seur 86 de commande par tout ou rien. Ce résultat est obtenu par un circuit à relais 66 excité par les impulsions provenant d'un circuit intersection 84. Ce circuit 84 fonctionne de façon que le circuit 66 puisse être actionné seulement pendant la durée des cycles de fonctionnement des circuits de minutage 100 et 102 et aussi après réception d'une impulsion appropriée provenant du comparateur 94. Le circuit 66 se ferme, mettant en action une source de courant continue faisant partie du circuit 66 et appliquant un signal de déclenchement en courant continu à la gâchette du redresseur 86, qui réalise une commutation pour un courant nul. Chaque fois que la température de la pièce 20 est telle qu'il applique au détecteur d'infrarouge un signal de sortie qui est inférieur à la tension de sortie préréglée de la source de référence, le circuit 66 applique une tension positive à la gâchette du redresseur 86, en alimentant en courant le filtre 88 et le convertisseur 90. Dès que la température prédéterminée est atteinte, le signal de sortie du comparateur 94 change de signe et le circuit 66 fonctionne de manière à supprimer le signal de commande provenant du redresseur 86, interrompant ainsi l'alimentation en énergie du convertisseur. On fait démarrer toute l'opération en enfonçant un bouton poussoir 81, ce qui décharge un condensateur 80 et raccorde ainsi une source de signaux de déclenchement au circuit 82 de commutation et d'émission d'impulsions de déclenchement, plus précisément à un des deux redresseurs faisant partie du circuit 82. Le signal de sortie du premier redresseur du circuit 82 fournit un des signaux d'entretien appliqués au circuit intersection. Dès que le temps fixé par le circuit 102 de minutage est écoulé, ce circuit applique un signal de blocage à un second redresseur du circuit de commutation, supprimant ainsi en même temps le signal d'entretien appliqué au circuit intersection et le signal en provenance du redresseur 86 et passant par le circuit 66, arrêtant ainsi les opérations.

La figure 7 représente plus en détail les circuits de la source 96 de température de référence et les circuits

associés décrits à propos du schéma synoptique de la figure 6. Il va de soi que, pour la présente invention, les dispositifs tels que le circuit intersection 84, le convertisseur 90, le circuit comparateur 94 et le détecteur 92 sensible à l'infrarouge ne seront pas décrits en détail, car leurs structures particulières sont bien connues et ne constituent pas une caractéristique importante de la présente invention. Le circuit diviseur de tension, ou source réglable de température de référence, 96 est constitué par des résistances 56 et 62. Une résistance supplémentaire 60 peut être branchée en parallèle sur la résistance 62, qui est variable et constituée par exemple par un potentiomètre 61 de précision. Ce potentiomètre définit la valeur choisie de la température. Quand on incorpore la résistance 60, il va de soi que la valeur ohmique de la résistance 62 est grande par rapport à celle de la résistance 60, de façon à n'avoir qu'une influence négligeable sur la valeur de la résistance 60. La résistance 58 est la résistance qui, branchée en parallèle sur la résistance 62, abaisse la valeur de la tension de référence aux bornes de cette dernière. Pour une différence désirée de 5 % entre les valeurs finale et intermédiaire de la température, la valeur ohmique de la résistance 58 de la figure 7 doit être égale à environ 18 fois celle de la résistance 60. La mise en parallèle de la résistance 58 sur la résistance 62 est réalisée par le commutateur 98 qui comprend un contact 64 de relais associé à un relais 28 dans le circuit commutateur. Le contact 64 est ouvert au repos. Quand le redresseur 32 commandé au silicium est rendu conducteur par un signal de démarrage appliqué au convertisseur principal, le relais 28, faisant partie du commutateur 98, est excité et le contact 64 est fermé. Une résistance 26 est branchée en parallèle sur l'enroulement du relais 28 pour stabiliser le fonctionnement. La tension de référence qui apparaît entre le curseur 61 et la borne négative de la source de tension est comparée au signal de sortie du détecteur 92 d'infrarouge.

Les grandeurs de sortie du détecteur 92 et de la

source 96 sont par conséquent appliquées à un comparateur 94 de tensions dès que la température correspondant à la tension de référence réduite de la source 96 est obtenue, le comparateur 94 du type à amplificateur différentiel applique un signal de blocage aux gâchettes de blocage du convertisseur et déclenche en même temps un circuit de minutage 100, constitué principalement par un transistor unijonction 48 et un circuit 46 et 50 déterminant sa constante de temps. Le circuit intersection 84 est relié à la sortie du comparateur 94 et à la sortie du circuit intersection excitant le relais 66, mais seulement si les deux signaux de sortie du comparateur 94 et un signal d'entrée additionnel correspondant à la chute de tension le long de la résistance 34 du circuit du redresseur 32 commandé au silicium sont présents. Dans ces conditions, quand la première valeur $T_{2(1)}$ de la température est atteinte, le relais 66 est excité et ferme le contact 42 ouvert au repos du circuit à retard 100. A la fin de la durée de retard ($t_2 - t_1$) choisie, et déterminée par les valeurs de la résistance 46 et du condensateur 50, le transistor unijonction 48 est rendu conducteur, appliquant aux bornes de la résistance 40 un signal qui déclenche le redresseur 38, bloquant ainsi le redresseur 32. Quand ce dernier est bloqué, le relais 28 cesse d'être excité et le contact 64 s'ouvre, ramenant ainsi les signaux de référence apparaissant respectivement aux bornes de 60 et entre le curseur et la borne négative du potentiomètre 61 à leurs valeurs initiales et correspondant à la température finale désirée $T_{2(2)}$. D'après ce qui précède, étant donné que le circuit intersection 84 ne reçoit pas le signal additionnel provenant de la chute de tension aux bornes de la résistance 34, seule la sortie du capteur de tension différentielle du comparateur 94 sera active, appliquant un signal de blocage au convertisseur quand la température finale est atteinte. Si une période d'arrêt additionnelle est nécessaire une fois cette température finale atteinte, il est possible d'utiliser un circuit de minutage additionnel tel que 102 qui est déclenché par l'impulsion de blocage apparaissant aux bornes de la résistance

40 quand le redresseur 38 est rendu conducteur, bloquant ainsi le redresseur 32. Le circuit 102 permet alors d'utiliser le convertisseur de la manière normale pendant un intervalle de temps supplémentaire choisi et pour produire un double intervalle de temps pour le chauffage des composants.

La figure 8 représente une variante de la source réglable 96 de référence de température, qui comprend un transistor 98a de commande remplaçant le relais 28 et le contact 64 de la forme de réalisation précédente. Dès que le transistor 98a est rendu conducteur, une résistance 58a est reliée à la borne inférieure de la résistance 62a. Par conséquent la résistance en série avec la résistance 56a est l'ensemble en parallèle de résistances 58a et 62a, diminuant ainsi effectivement la tension aux bornes de la résistance 62a et produisant un signal de sortie correspondant à une température inférieure, par exemple $T_{2(1)}$.

Il va de soi que la présente invention n'a été décrite qu'à titre indicatif, mais non limitatif et qu'elle est susceptible de diverses variantes sans sortir de son cadre.

REVENDICATIONS

1. Appareillage de chauffage par induction associé à un dispositif de régulation commandé par la température, caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble convertisseur de courant, un ensemble inducteur à noyau constitué par un noyau ferromagnétique en U entouré d'un enroulement d'excitation et en liaison avec l'ensemble convertisseur, et un dispositif solidaire de ce noyau pour surveiller la température superficielle d'une pièce à traiter lorsqu'elle est chauffée par le circuit magnétique formé par le noyau et cette pièce.

2. Appareillage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un sous-ensemble commandé par le dispositif de surveillance de la température, pour commander automatiquement la grandeur de sortie du convertisseur de façon à couper l'arrivée du courant de chauffage par induction au noyau pour une température prédéterminée de la surface de ladite pièce.

3. Appareillage selon la revendication 2, caractérisé en ce que le sous-ensemble commandant la sortie du convertisseur de courant comprend un dispositif pour commander automatiquement ce convertisseur, de façon à, successivement, maintenir une première température prédéterminée pendant un intervalle de temps prédéterminé, suivi d'une période de fonctionnement pour élever la température jusqu'à une seconde valeur et la maintenir à ladite seconde valeur.

4. Appareillage de chauffage par induction comportant un réglage à deux températures, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur destiné à l'alimentation en courant d'un ensemble inducteur à noyau, ce dernier comportant un élément détecteur de température associé comprenant un moyen pour convertir une température détectée en une tension de sortie directement en rapport avec elle, une source de température de référence réglable à diviseur de tension, un ensemble comparateur de tensions recevant et comparant des tensions provenant d'un détecteur de température et de la source réglable de températures de référence et comprenant un dispositif pour

produire un premier signal quand ces tensions sont égales, un dispositif commandé par ledit signal pour commander le convertisseur afin de maintenir une première température, un ensemble de minutage comprenant un sous-ensemble commutateur
5 commandé par ledit signal pour ramener à sa valeur de départ la température affichée par la source de température de référence au bout d'un premier intervalle de temps prédéterminé après le début de l'émission du premier signal, des circuits pour produire un second signal après retour à sa valeur ini-
10 tiale de la température de référence pour déclencher une période de fonctionnement du convertisseur en vue d'élever la température jusqu'à une seconde valeur plus haute, jusqu'à ce qu'un premier signal ultérieur soit produit par le comparateur de tension, ledit appareillage détectant automatiquement la
15 température de la pièce à traiter et étant capable de régler à deux niveaux différents la température de celle-ci.

5. Appareillage selon la revendication 4, caracté-
risé en ce que la source réglable de température de référence
comporte un circuit diviseur de tension comprenant un dispo-
20 sitif pour faire varier la valeur ohmique d'une résistance parmi plusieurs montées en série et choisir la température de référence, un dispositif pour placer une résistance addition-
nelle en parallèle sur ladite résistance pour abaisser la ten-
sion apparaissant aux bornes de ladite résistance, en vue de
25 réduire temporairement la valeur de la tension de sortie de la source de température de référence.

6. Appareillage selon la revendication 5, caracté-
risé en ce que le dispositif pour faire varier la valeur d'une
des résistances montées en série formant diviseur de tension
30 est un potentiomètre dans lequel on peut introduire la tempé-
rature de référence choisie.

7. Appareillage selon la revendication 4, caracté-
risé en ce qu'il comprend un second circuit de minutage comman-
dé par ledit signal et destiné à mettre hors d'action le con-
35 vertisseur après un second intervalle de temps prédéterminé, qui est plus long que le premier intervalle de temps prédéter-
miné.

8. Appareillage selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'ensemble inducteur à noyau comprend un élément à fibres optiques qui lui est intégré et est relié à un détecteur sensible à l'infrarouge qui comprend un amplificateur de linéarisation destiné à convertir la température détectée par l'élément à fibres optiques en une tension de sortie à comparer à celle de la source de température de référence dans le circuit comparateur.

9. Procédé de chauffage par induction d'une feuille d'un matériau de base ferromagnétique qui est recouverte d'une couche d'un matériau isolant et non ferromagnétique, par exemple une peinture, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à chauffer ledit matériau de base et à contrôler en même temps la température du matériau superficiel, à arrêter automatiquement l'application de chaleur au matériau de base quand la température du matériau superficiel atteint une première valeur prédéterminée inférieure à une seconde température prédéterminée choisie, à laisser la température du matériau de base devenir égale à la température du matériau superficiel audit premier niveau choisi, à recommencer automatiquement à appliquer la chaleur audit matériau de base jusqu'à ce que la température de la surface atteigne le second niveau prédéterminé, à maintenir le second niveau de température pendant un intervalle de temps prédéterminé et, ensuite, à mettre hors d'action l'appareillage de chauffage par induction.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le chauffage du matériau de base est réalisé par un appareillage de chauffage par induction, mis hors d'action quand la température du matériau superficiel atteint ledit premier niveau et ensuite mis en action quand les températures du matériau superficiel et du matériau de base sont égales.

Fig. 1

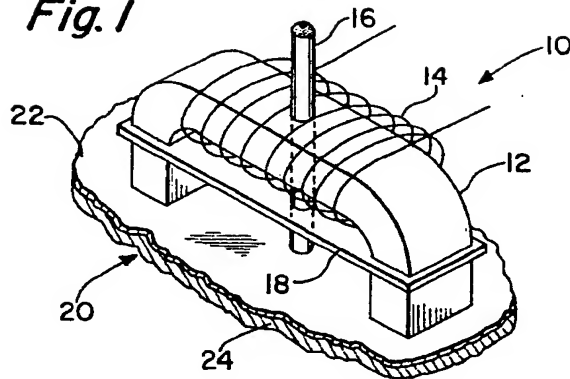


Fig. 2

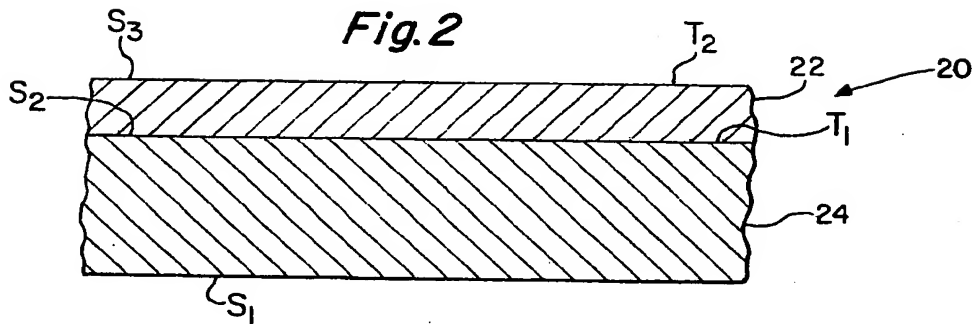


Fig. 4

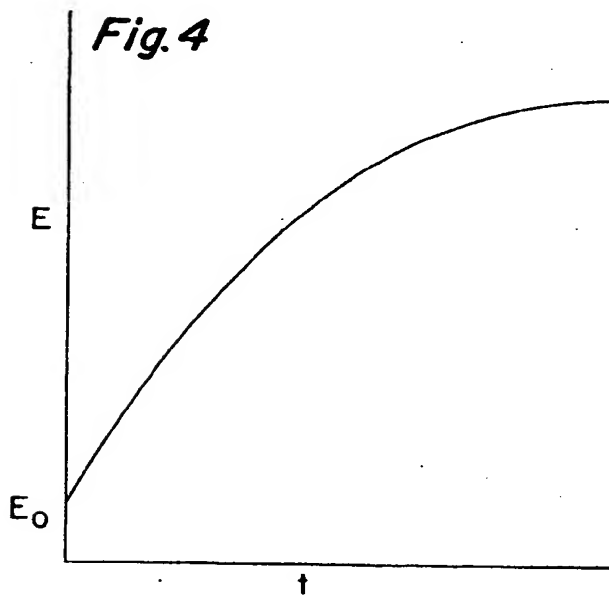
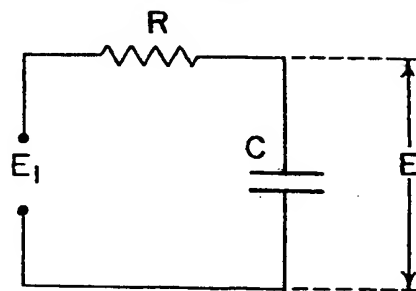
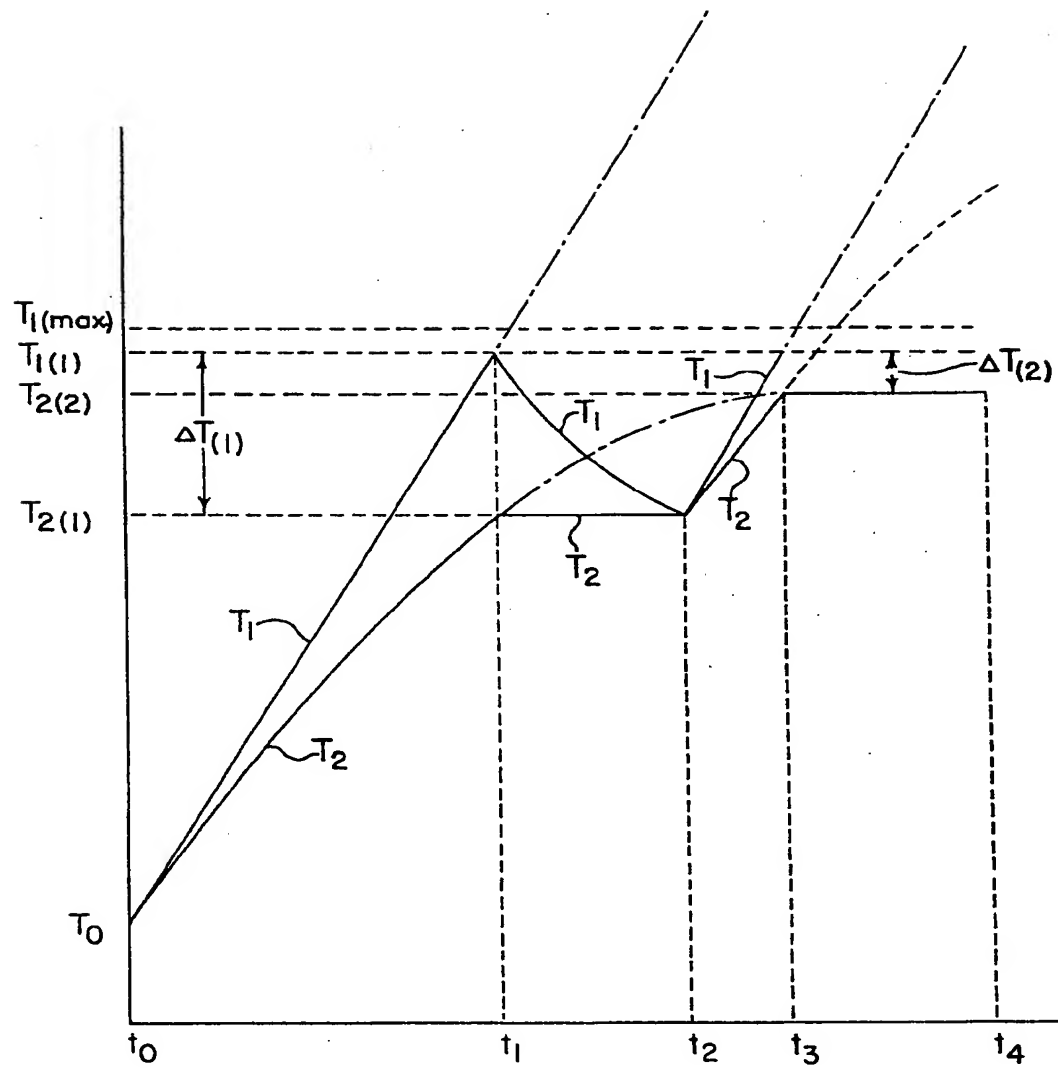


Fig. 3



*Fig.5*

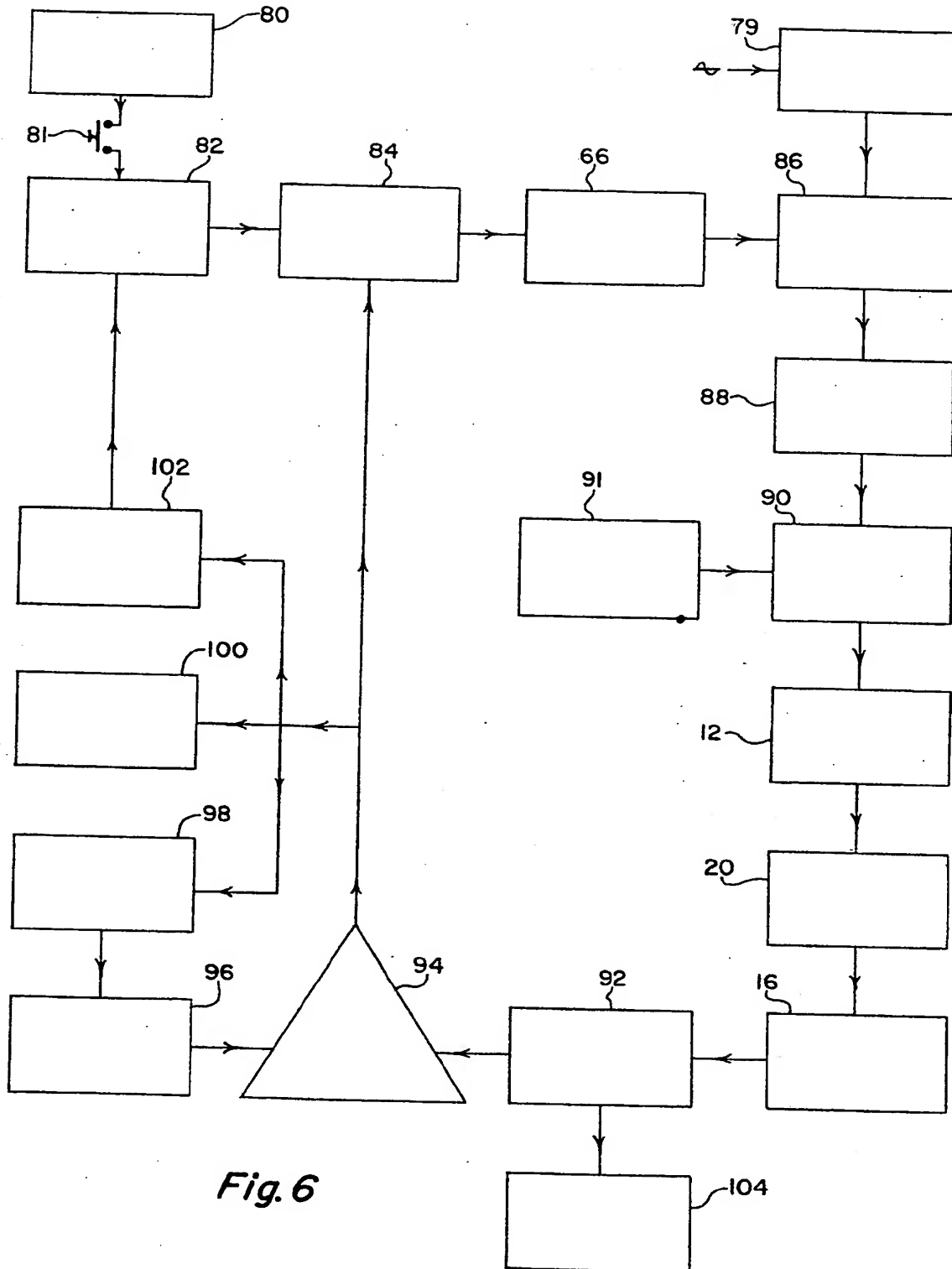
*Fig. 6*

Fig. 7

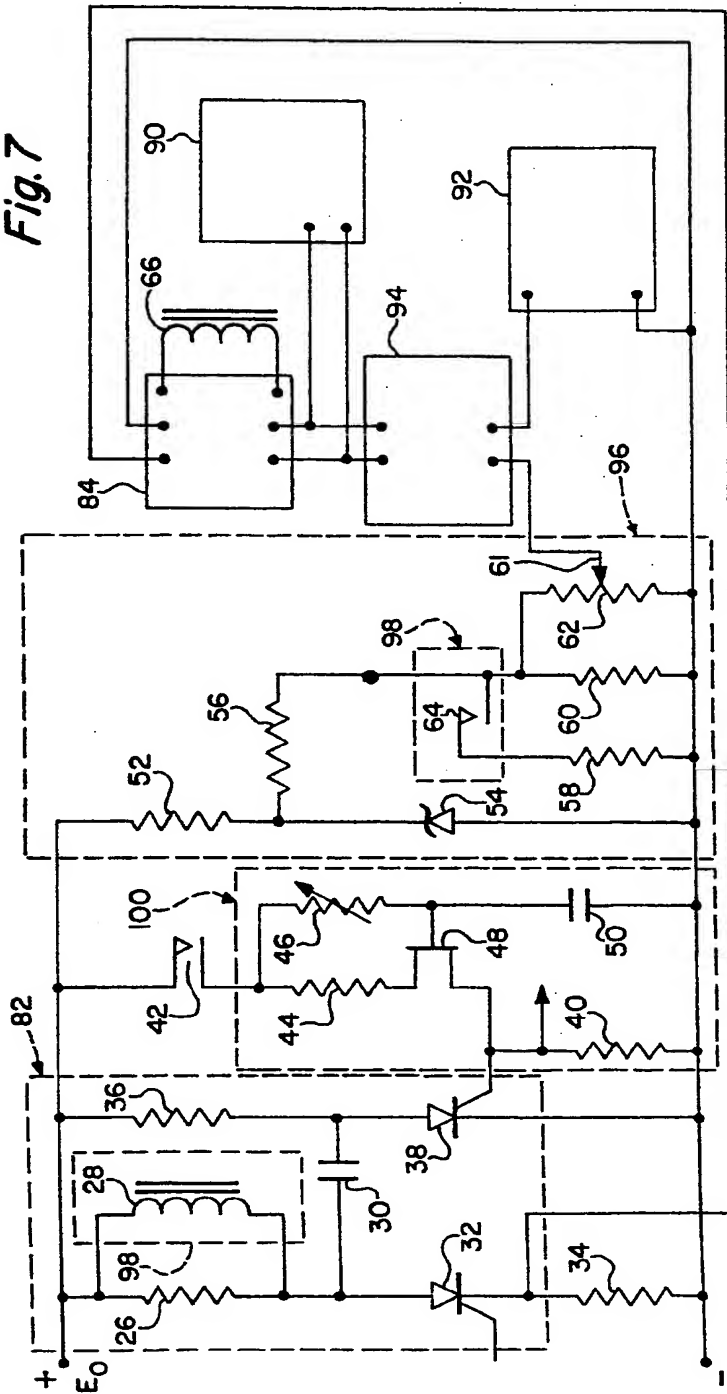


Fig. 8

